

Robotik artroplastisi: Zorluklar ve dezavantajlar

Robotic arthroplasty: Challenges and disadvantages

Mahmud Aydın^{1,2}, Serkan Sürücü³, Mahir Mahiroğulları^{2,4}

¹Üsküdar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul

²Memorial Şişli Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

³Yale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı, Spor ve Omuz Cerrahisi Bölümü, New Haven

⁴Haliç Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul

Robotik destekli artroplastisi, komponent yerleşiminde doğruluk ve cerrahi hassasiyet sağlamakla birlikte; yüksek maliyet, uzamış ameliyat süresi, dik öğrenme eğrisi ve sistem kaynaklı komplikasyonlar gibi önemli zorluklar barındırmaktadır. Robotik diz ve kalça artroplastilerinde beklenmeyen teknik hatalar ve spesifik komplikasyonlar bildirilmiş, uzun dönem klinik üstünlük henüz net olarak gösterilememiştir. Bu nedenle, cerrahi uygulamalarda dikkatli hasta seçimi, maliyet-etkinlik analizi ve sistemlere yönelik ileri düzey eğitim büyük önem taşımaktadır.

Anahtar sözcükler: cerrahi komplikasyonlar; maliyet etkinliği; öğrenme eğrisi; robotik artroplastisi; total diz artroplastisi; total kalça artroplastisi

Robotic-assisted arthroplasty offers improved component positioning accuracy and surgical precision however, it presents significant challenges such as high costs, prolonged operative times, steep learning curves, and system-related complications. Technical failures and specific complications have been reported in robotic knee and hip arthroplasties, while long-term clinical superiority over conventional techniques has yet to be clearly demonstrated. Therefore, careful patient selection, cost-effectivity analysis, and advanced surgical team training are crucial for successful implementation.

Key words: surgical complications; cost-effectiveness; learning curve; robotic arthroplasty; total knee arthroplasty; total hip arthroplasty

Robotik destekli artroplastisi, son yıllarda diz ve kalça protezi cerrahisinde cerrahi hassasiyeti artırma, hastaya özel planlama yapma ve sonuçları iyileştirme amacıyla hızla gelişen bir teknolojidir. Bu sistemler, protezin hizalanmasında daha düşük varyasyon, daha az yumuşak doku hasarı ve potansiyel olarak daha iyi klinik sonuçlar sunma vaadiyle geleneksel yöntemlere göre çeşitli avantajlar sağlamıştır.^[1-4] Bununla birlikte, teknolojik gelişmelerin bu alana entegrasyonu, beraberinde önemli lojistik, ekonomik ve cerrahi adaptasyon sorunlarını da getirmiştir.^[5]

Bunların yanı sıra, robotik sistemlerde beklenmeyen kol hareketleri, yazılım hataları ve mekanik arızalar gibi teknik problemler, cerrahi sürecin kesintiye uğramasına ve bazı durumlarda manuel cerrahiye geçiş zorunluluğuna neden olabilmektedir.^[6,7]

Literatürde uzun dönem implant sağkalımı ve fonksiyonel kazanımlar konusunda hâlen sınırlı düzeyde

kanıt bulunmaktadır.^[8,9] Robotik cerrahinin komponent pozisyonlamasında doğruluğu arttırdığı iyi belgelenmiş olmakla birlikte, bu iyileştirmenin uzun dönem hasta memnuniyeti, komplikasyon oranları ve revizyon gereksinimi üzerinde belirgin bir avantaja dönüşüp dönüşmediği henüz netlik kazanmamıştır.^[10,11] Özellikle aktif robotik sistemler kullanıldığında pin yerleşim bölgelerinde kırık, pin ilişkili enfeksiyon ve yumuşak doku hasarı gibi spesifik komplikasyonların daha sık bildirildiği de literatürde vurgulanmaktadır.^[12]

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, robotik sistemlerin yalnızca belirli merkezlerde ve büyük şehirlerde uygulanabiliyor olması, teknolojinin yaygınlaşmasının önündeki önemli engellerden biridir.^[5] Cerrahlar arasında bu sistemlerin klinik faydalarına ilişkin henüz tam bir fikir birliği oluşmamış olması, maliyet-etkinlik analizlerinin kısıtlılığı ve hasta başına düşen doğrudan maliyetlerin yüksekliği gibi unsurlar da robotik cerrahinin rutin klinik pratikte daha geniş çapta benimsenmesini sınırlamaktadır.^[5,13,14]

İletişim / Contact: Op. Dr. Mahmud Aydın • E-posta / E-mail: mahmut_aydn@windowslive.com

ORCID ID: Mahmud Aydın, 0000-0002-2235-1480 • Serkan Sürücü, 0000-0003-1551-4525 • Mahir Mahiroğulları, 0000-0002-7794-9308

Geliş / Received: 23 Mayıs 2025 • **Revizyon / Revised:** 10 Haziran 2025 • **Kabul / Accepted:** 14 Haziran 2025

Bu derlemenin amacı, robotik artroplasti uygulamalarında karşılaşılan başlıca zorlukları kapsamlı şekilde analiz etmek, klinik pratiğe entegrasyon sürecindeki mevcut kısıtlılıkları tartışmak ve olası çözüm önerilerini değerlendirmektir.

ROBOTİK TOTAL DİZ ARTROPLASTİSİNDE ZORLUKLAR VE DEZAVANTAJLAR

Robotik destekli total diz artroplastisi komponent yerleşimi ve mekanik hizalama doğruluğu açısından önemli avantajlar sunarken, intraoperatif teknik zorluklar ve sistem kaynaklı komplikasyonlar göz ardı edilemeyecek düzeydedir. Literatürdeki erken dönem klinik sonuçlar cesaret verici olsa da gerçek yaşam verileri robotik sistemlerle ilişkili öngörülemeyen teknik hatalar ve cihaz bağımlı problemler konusunda dikkat çekici bulgular sunmaktadır.^[2,8,15]

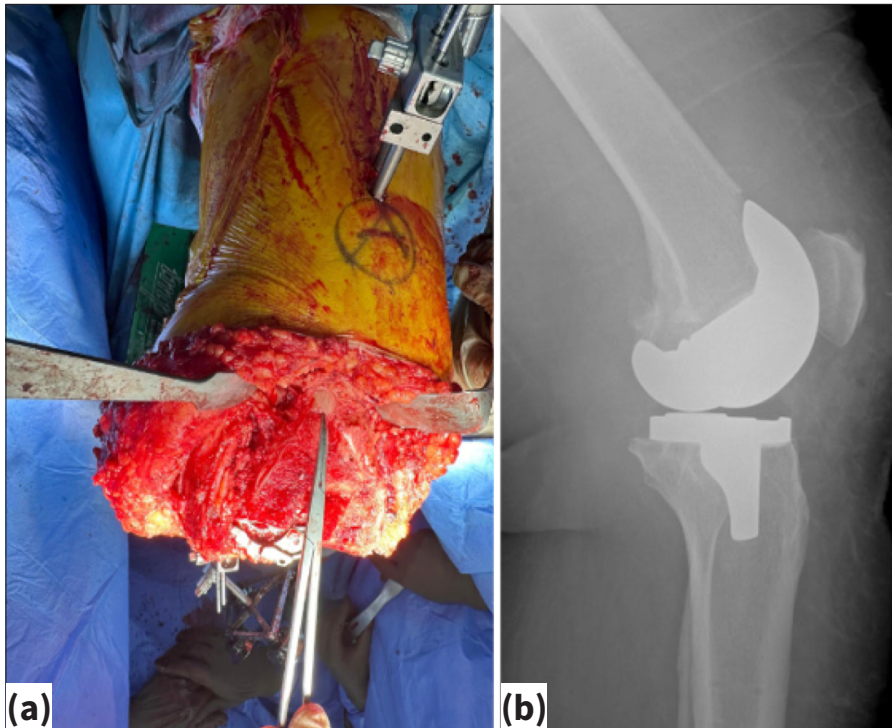
Duan ve ark. robot yardımcı total diz artroplastisi sisteminin öğrenme eğrisini değerlendirmiş ve analizler sonucunda, yeni nesil robot yardımcı total diz artroplastisi sistemini kullanan cerrahların yeterlilik düzeyine ulaşabilmeleri için en az 20 vaka tecrübesine ihtiyaç duyulduğunu bildirmiştir.^[16] Öte yandan, Pagani ve ark. robotik yardımcı total diz artroplastisi uygulanan ve komplikasyon gelişen 204 olguyu inceledikleri çalışmalarında, en sık karşılaşılan komplikasyonun kemik kesisi sırasında robotik kolun beklenmeyen şekilde hareket etmesi olduğunu belirtmişlerdir (%28,9; 59/204).^[6]

Bunu takiben, intraoperatif hatalı kemik kesileri (%12,7) ve robotik komponentin sızdırması ya da kontamine olması (%12,3) gibi sistemsel komplikasyonlar, cerrahi sürecin güvenliğini doğrudan etkileyebilecek diğer başlıca problemlerdir.^[6] Ayrıca, navigasyon sistemine bağlı olarak ortaya çıkan görsel sapmalar (%5,9), femoral *notching*, kemik pinlerinin çıkarılamaması ya da yanlış yerleşimi, ve kesici aletlerin çalıştırılamaması gibi çok sayıda teknik zorluk bildirilmiştir. Bu veriler, robotik sistemlerin yalnızca avantajlarından değil, kompleks yapılarına bağlı yeni komplikasyon profilinden de söz edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Şekil 1).

Robotik destekli total diz artroplastisinde karşılaşılan temel zorluklardan biri, hastaların ameliyat öncesi dönemde mevcut olan kompleks ekstremité deformiteleridir. Ancak literatürde bu konuda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır ve mevcut veriler, robotik kol destekli total diz artroplastisinin karmaşık eklem deformiteleri sonrasında başarılı sonuçlar sağlayabileceğini göstermektedir.^[17,18]

Robotik sistemlerin yaygın kullanımında:

- Cerrah ve ekibin sistemle ilgili ileri düzey eğitim alması,
- Olası komplikasyonlara karşı manuel alternatif planların hazır bulundurulması,
- Hasta seçiminin dikkatli yapılması önem arz etmektedir.



Şekil 1.a,b. Robotik destekli total diz artroplastisi cerrahisi sırasında femoral çentiklenme (*notching*) (a), ameliyat sonrası dönemde femoral çentiklenmenin diz lateral radyografik görünümü (b).

ROBOTİK UNİKONDİLER DİZ ARTROPLASTİSİNDE ZORLUKLAR VE DEZAVANTAJLAR

Robotik destekli unikondiler diz artroplastisi, özellikle medial kompartman artrozuna sahip hastalarda komponent yerleşiminde artan hassasiyet, kemik korunumu ve daha hızlı fonksiyonel iyileşme gibi avantajları nedeniyle tercih edilen bir cerrahi yöntemdir. Bununla birlikte, sınırlı cerrahi görüş alanı, robotik sistemin hassasiyeti ve anatomik varyasyonlara duyarlılığı nedeniyle, bu prosedür sırasında hem teknik hem de sistem kaynaklı birçok zorlukla karşılaşılabilir.^[13,15]

Pagani ve ark., robotik destekli unikondiler diz artroplastisi uygulamalarında karşılaşılan komplikasyonların oldukça çeşitlilik gösterdiğini ve oranlarının, dizin total yerine parsiyel olarak değiştirilmesine rağmen, dikkate değer düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır.^[6] Komplikasyon gelişen 15 olgulu bir vaka serisinde en sık bildirilen komplikasyon kemik kesilerinin hatalı yapılmasıdır (%26,7), bu durum hem komponent uyumsuzluğu hem de fonksiyonel başarısızlık riskini arttırabilir.^[6] En sık bildirilen diğer komplikasyon ise implantasyona yönelik yardımcı ekipmanlardan sıvı sızıntısı veya kontaminasyondur (%13,3). Görsel ekran sapmaları ve beklenmeyen robot kol hareketleri ise karşılaşılan diğer komplikasyonlardır. Ayrıca, bir olguda bildirilen *burr* başlatılamaması durumu, ameliyatın manuel olarak tamamlanmasını gerektirebilecek teknik bir başarısızlık örneğidir.

Bu komplikasyonların ışığında, robotik destekli unikondiler diz artroplastisi prosedürlerinin başarılı şekilde uygulanabilmesi için aşağıdaki faktörler önem kazanmaktadır:

- Cerrahi ekibin robotik sisteme ileri düzeyde hâkimiyeti,
- Kapsamlı ameliyat öncesi planlama ve sistem kalibrasyonu,
- Yumuşak doku anatomisinin dikkatli diseksiyonu,
- Olası sistem hatalarında manuel geçiş protokollerinin hazır bulundurulması.

ROBOTİK KALÇA ARTROPLASTİSİNDE ZORLUKLAR VE DEZAVANTAJLAR

Robotik destekli total kalça artroplastisi, komponent yerleşiminde yüksek doğruluk, protez pozisyonunun hassas kontrolü ve kişiye özgü planlamaya imkân sağlaması yönüyle konvansiyonel yöntemlere kıyasla avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, mevcut literatür ve olgu serileri, robotik sistemlerin artan kompleks yapısıyla birlikte birtakım özgül komplikasyonların ortaya çıktığını göstermektedir.

Pagani ve ark. tarafından yapılan bir veri analizine göre, robotik kalça artroplastisi uygulanan hastalarda komp-

likasyon oranı %0,28 (44 hasta) olarak bildirilmiştir.^[6] Bu komplikasyonların en sık görüleni, olguların %43,2'sinde (19/44) rastlanan yabancı cisim kalması (özellikle yerleştirilen *checkpoint* cihazının çıkarılmaması) durumudur. Bu komplikasyonun yalnızca hasta güvenliğini değil, aynı zamanda cerrahın sistemle olan etkileşimindeki dikkat düzeyini de sorgulattığı açıktır. İkinci sırada yer alan sorun ise, gerçek oyucu (*reamer*) pozisyonu ile ekranda görümlenen konum arasındaki uyumsuzluk olup %9,1 (4/44), sistemsel bir hata olarak dikkat çekmektedir. Bu tür bir uyumsuzluk, özellikle asetabular komponentin yerleşiminde açısal sapmalara ve uzun vadede gevşeme riskine yol açabilir. Aynı şekilde, asetabular medial veya posterior duvar defektleri %6,8 (3/44) gibi anatomik yapılarla ilişkili komplikasyonlar da, kemik bütünlüğünün robotik sistem tarafından yeterince değerlendirilememesinden kaynaklanabilir. Oyucu aparatlarının gevşemesi veya kırılması, vidaların sistem içinde kalması ve robotik kolun beklenmedik hareketleri, cerrahi esnada hem zaman kaybına hem de potansiyel olarak hasta güvenliğini tehdit eden sonuçlara yol açabilir. Ayrıca, sistemin anatomik kayıt yapamaması ya da bu işlemi hatalı tamamlaması da %4,5 (2/44), cerrahın manuel yönetime geçiş yapmasını gerektirecek kadar ciddi bir teknik engeldir.

Graefe ve ark.'nın total kalça artroplastisinde robotik yardımla gerçekleştirilen cerrahilerde olumsuz olayları inceleyen çalışmalarında, en sık bildirilen komplikasyon intraoperatif donanım arızası olarak rapor edilmiştir (%55,7).^[19] Bu arızaların büyük bir kısmını beklenmeyen robotik kol hareketi veya kontrol pinlerinin yer değiştirmesi gibi mekanik bileşenlerin oluşturduğu belirtilmiştir (%20,1). Yanlış asetabular komponent yerleşimi, en sık bildirilen komplikasyon olup %11,5 oranında gözlenmiştir. Robotik sistemin intraoperatif olarak terk edilmesi vakaların %13,0'ünde raporlanırken, cerrahi sürecin gecikmeye uğradığı olgular %28 oranında bildirilmiş ve ortalama gecikme süresi 17,9 dakika olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular, robotik sistemlerin cerrahiye entegre edilmesinde karşılaşılabilecek teknik zorluklara ve eğitim gereksinimlerine dikkat çekmektedir. An ve ark., 429 ardışık robotik yardımlı total kalça artroplastisi vakasını değerlendirdikleri çalışmalarında, robotik yardımlı total kalça artroplastisi prosedürünün intraoperatif olarak başarısızlıkla sonuçlandığı 17 olgu (%3,96) bildirmiştir.^[20] Bu olgularda cerrahi manuel total kalça artroplastisine dönüştürülmek zorunda kalmıştır. Robotik yardımlı total kalça artroplastisi sırasında başarısızlığa neden olan olumsuzluklar arasında pelvik *array* cihazının gevşemesi veya yanlış pozisyonlanması (%1,17), hatalı kemik haritalaması (%1,40) ve ilk kaydın hatalı yapılması (%0,93) yer almıştır. Bu bulgular, robotik sistemlerin güvenilirliğini etkileyen teknik faktörlerin cerrahi başarı üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermekte ve cer-

rahi ekibin bu potansiyel sorunlara karşı hazırlıklı olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Son dönem çalışmalarda, robotik destekli total kalça artroplastisinin konvansiyonel yöntemlere kıyasla protez çevresi kırık riskini anlamlı düzeyde arttırabileceği bildirilmiştir.^[21] Özellikle yaşlı ve osteoporotik hastalarda bu risk, ciddi ameliyat sonrası morbiditeye yol açabilecek önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, sistematik derlemelerde robotik destekli total kalça artroplastisinin implant pozisyonlamasında belirgin doğruluk sağladığı ancak hasta memnuniyeti, fonksiyonel skorlar ve uzun dönem revizyon oranları açısından konvansiyonel yöntemlere anlamlı bir üstünlük sunmadığı gösterilmiştir.^[15]

Tüm bu veriler ışığında, robotik destekli total kalça artroplastisinin başarısı için:

- Sistem donanım ve yazılım entegrasyonunun titizlikle sağlanması,
- Ameliyat öncesi planlamada kemik kalitesi ve anatomik varyasyonların dikkate alınması,
- Olası intraoperatif sistem arızalarına karşı manuel teknik donanımın hazır bulundurulması,
- Ameliyathane lojistiğinin sistem gereksinimlerine uygun şekilde düzenlenmesi,
- Periprostetik kırık riskini minimize etmek için hasta seçimi ve intraoperatif tekniklerin dikkatle optimize edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Robotik destekli artroskopiler için bugüne kadar bildirilmiş zorluklar ve komplikasyonları bir tablo hâlinde aşağıda bulabilirsiniz (Tablo 1).

Tablo 1. Robotik artroplastide karşılaşılan zorluklar ve dezavantajlar

Zorluk/Komplikasyon	Açıklama
Yüksek Maliyet	Robotik sistemlerin kurulumu, rutin bakımı ve sarf malzemelerine ilişkin giderler oldukça yüksektir. Buna ek olarak, robotik sistemin ameliyathane ortamında steril olarak örtülmesi için gereken özel örtü sistemleri ve tek kullanımlık materyaller de ek maliyet yaratmaktadır. Özellikle bazı robotik sistemler (örneğin MAKO), ameliyat öncesi planlama için bilgisayarlı tomografi görüntülerine ihtiyaç duymakta; bu durum hem hastaya ek radyasyon maruziyeti hem de sağlık sistemi açısından ilave görüntüleme maliyeti anlamına gelmektedir. Ayrıca, cerrahi sırasında kullanılan steril kılavuzlar, pinler, sensörler ve <i>checkpoint</i> gibi özel aparatlar da sarf giderlerini önemli ölçüde arttırmaktadır.
Uzamış Ameliyat Süresi	Robotik destekli cerrahilerde operasyon süresi, özellikle sistemin ilk kullanım döneminde, geleneksel yöntemlere kıyasla belirgin şekilde uzayabilmektedir. Bu durum, cihaz kurulumu, sistem kalibrasyonu ve ameliyat öncesi planlamanın zaman alıcı doğasından kaynaklanmaktadır. Ancak, cerrahi ekip sistemle yeterli deneyimi kazandıkça ve öğrenme eğrisi tamamlandıkça, ameliyat süresi anlamlı şekilde kısaltmakta ve manuel cerrahiye benzer seviyelere ulaşabilmektedir.
Dik Öğrenme Eğrisi	Cerrah ve ekibin sistemin tüm fonksiyonlarına hâkim olması zaman ve vaka tecrübesi gerektirir. Başarılı uygulama için belirli bir eğitim ve adaptasyon süreci zorunludur.
Teknolojiye Bağımlılık	Sistemsal arızalar, yazılım hataları veya robotik kolun işlevsiz kalması durumunda manuel cerrahiye geçiş zorunlu hâle gelebilir.
Beklenmeyen Robotik Kol Hareketleri	Robotik kolun ani ve istemsiz hareketleri intraoperatif travma riskini arttırabilir ve cerrahi güvenliği tehdit edebilir.
Hatalı Kemik Kesileri ve Görsel Sapmalar	Navigasyon sistemindeki hatalar nedeniyle anatomik yapıların yanlış değerlendirilmesi, protez uyumsuzluğuna ve fonksiyonel başarısızlığa yol açabilir.
Kontaminasyon ve Sıvı Sızdırması	Robotik sistemlerin yapısal karmaşıklığı, sterilite kontrolünü zorlaştıran çeşitli teknik riskleri beraberinde getirmektedir. Özellikle robotik kolun eklemle temas eden distal uç kısımları, cerrahi sahaya entegre olurken yüksek hassasiyet gerektirir ve bu bölgelerdeki kaplama sistemlerinin yeterince izole edilmemesi, sıvı sızdırması ve kontaminasyon gibi ciddi komplikasyonlara zemin hazırlayabilir. Sıvı kaçakları genellikle sistem içindeki soğutma veya bağlantı aparatlarının gevşemesiyle meydana gelirken, bu sıvılar cerrahi sahaya ulaşarak steril alanın bütünlüğünü bozabilir.
Anatomik Kaydın Başarısızlığı	Kemik yapıların yeterince doğru tanımlanamaması, protez yerleşiminde açıl sapmalara neden olabilir.
Periprostetik Kırık Riski	Özellikle osteoporotik hastalarda, pin yerleşim bölgelerinde kırık gelişme riski artmıştır.
Donanım Arızaları ve Yazılım Hataları	Cerrahi sırasında cihaz arızaları veya sistem kapanmaları operasyonun ertelenmesine ya da iptaline neden olabilir.
Klinik Üstünlüğün Belirsizliği	Komponent yerleşimindeki hassasiyete rağmen, uzun dönem fonksiyonel sonuçlar ve hasta memnuniyeti açısından belirgin bir üstünlük henüz net olarak ortaya konmamıştır.

SONUÇ

Robotik destekli artroplasti, komponent yerleşiminde doğruluk, kemik kesilerinde hassasiyet ve hastaya özgü planlama gibi avantajlar sunmasına rağmen, bu teknolojinin cerrahi pratiğe entegrasyonu hâlen çok sayıda zorlukla karşı karşıyadır. Özellikle yüksek sistem maliyetleri, uzamış ameliyat süresi, cerrah için dik öğrenme eğrisi ve teknolojik sistemlere olan bağımlılık, klinik uygulanabilirliği sınırlandıran başlıca dezavantajlardır. Ayrıca, erken dönem sonuçlarla manuel teknikler arasında çoğu zaman anlamlı farkların saptanamamış olması, klinik karar verme süreçlerinde temkinli olunmasını gerektirmektedir.

Mevcut literatür, uzun dönem fonksiyonel kazanımlar açısından olumlu potansiyel taşısa da, bu bulguların henüz yeterince güçlü kanıtlarla desteklenmediği göz önünde bulundurulmalıdır. Robotik cerrahiye geçiş sürecinde, komplikasyon riskleri ve sistem hatalarının da cerrahi güvenlik açısından ciddi etkiler yaratabileceği unutulmamalıdır. Bu bağlamda, teknolojik gelişmelere açık olmakla birlikte, uygulamalarda kanıta dayalı yaklaşımın, maliyet-etkinlik analizlerinin ve hasta seçiminin dikkatle yapılmasının önemi giderek artmaktadır.

KAYNAKLAR

- Kayani B, Konan S, Tahmassebi J, Ayuob A, Haddad FS. Robotic-arm assisted total knee arthroplasty: Learning curve, functional outcomes and accuracy in component alignment. *Bone Joint J* 2019;101-B(10):1401-10. [Crossref](#)
- Hampp EL, Chughtai M, Scholl LY, Sodhi N, Bhowmik-Stoker M, Jacobsky DJ, et al. Robotic-arm assisted total knee arthroplasty demonstrated greater accuracy and precision to plan compared with manual techniques. *J Knee Surg* 2019;32(3):239-50. [Crossref](#)
- Clement ND, MacDonald D, Simpson AHRW. The role of robotics in total knee arthroplasty. *EFORT Open Rev* 2020;5(9):588-96.
- Chen AF, Kheir MM. What's new in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2020;102(17):1563-70.
- Desai KB, Mulpur P, Jayakumar T, Suhas Masilamani AB, Ranjan A, Gurava Reddy AV. Adoption of robotics in arthroplasty-a survey of perceptions, utilization and challenges with technology amongst Indian surgeons. *J Orthop* 2023;46:51-7. [Crossref](#)
- Pagani NR, Menendez ME, Moverman MA, Puzzitiello RN, Gordon MR. Adverse events associated with robotic-assisted joint arthroplasty: An analysis of the us food and drug administration MAUDE database. *J Arthroplasty* 2022;37(8):1526-33. [Crossref](#)
- Zheng W, Wu B, Cheng T. Adverse events related to robotic-assisted knee arthroplasty: A cross-sectional study from the MAUDE database. *Arch Orthop Trauma Surg* 2024;144(9):4151-61. [Crossref](#)
- Nawabi DH, Conditt MA, Ranawat AS, Dunbar NJ, Jones J, Banks SA. Accuracy of implant positioning with robotic total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471(1):160-9.
- Tandogan RN, Kort NP, Ercin E, van Rooij F, Nover L, Saffarini M, et al. Computer-assisted surgery and patient-specific instrumentation improve the accuracy of tibial baseplate rotation in total knee arthroplasty compared to conventional instrumentation: A systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022;30(8):2654-65. [Crossref](#)
- Kort N, Stirling P, Pilot P, Müller JH. Robot-assisted knee arthroplasty improves component positioning and alignment, but results are inconclusive on whether it improves clinical scores or reduces complications and revisions: a systematic overview of meta-analyses. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022;30(8):2639-53. [Crossref](#)
- Bensa A, Pagliuzzi G, Miele A, Schiavon G, Cuzzolin M, Filardo G. Robotic-assisted total hip arthroplasty provides greater implant placement accuracy and lower complication rates, but not superior clinical results compared to the conventional manual approach: A systematic review and meta-analysis. *J Arthroplasty* 2024;S0883-5403(24)01316-0. [Crossref](#)
- Nogalo C, Meena A, Abermann E, Fink C. Complications and downsides of the robotic total knee arthroplasty: A systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2023;31(3):736-50. [Crossref](#)
- Hoveidaei AH, Esmaeili S, Ghaseminejad-Raeini A, Pirahesh K, Fallahi MS, Sandiford NA, et al. Robotic assisted total knee arthroplasty (TKA) is not associated with increased patient satisfaction: A systematic review and meta-analysis. *Int Orthop* 2024;48(7):1771-84. [Crossref](#)
- Emara AK, Zhou G, Klika AK, Koroukian SM, Schiltz NK, Krebs VE, et al. Robotic-arm-assisted knee arthroplasty associated with favorable in-hospital metrics and exponentially rising adoption compared with manual knee arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg* 2021;29(24):e1328-e1342. [Crossref](#)
- Clement ND, MacDonald D, Patton JT, Burnett R. Total knee replacement in patients with severe arthritis of the knee: A comparison of robotic and manual techniques. *Knee* 2020;27(2):453-60.
- Duan X, Zhao Y, Zhang J, Kong N, Cao R, Guan H, et al. Learning curve and short-term clinical outcomes of a new seven-axis robot-assisted total knee arthroplasty system: A propensity score-matched retrospective cohort study. *J Orthop Surg Res* 2023;18(1):425. [Crossref](#)
- Sodhi N, Khlopas A, Ehiorobo JO, Condrey C, Marchand K, Marchand RC, et al. Robotic-assisted total knee arthroplasty in the presence of extra-articular deformity. *Surg Technol Int* 2019;34:497-502.
- Alturki AA, Alshammari NA, Albassam AL, Aljaafri ZA, Almugren TS. Robotic-assisted total knee arthroplasty for extra-articular femur deformity correction. *J Surg Case Rep* 2023;2023(7):rjad395. [Crossref](#)
- Graefe SB, Kirchner GJ, Pahapill NK, Nam HH, Dunleavy ML, Haines N. Adverse events associated with robotic-assistance in total hip arthroplasty: An analysis based on the FDA MAUDE database. *Hip Int* 2024;34(6):688-94. [Crossref](#)

20. An HM, Cao Z, Zhang S, Yang MZ, Kong XP, Chai W. Why robot-assisted total hip arthroplasty aborted: Chinese experience of four hundred and twenty-nine consecutive cases. *Int Orthop* 2024;48(9):2359-65. Lonner JH, Smith JR, Picard F, Hamlin B. High degree of accuracy of a novel handheld robotic-assisted system for unicompartmental knee arthroplasty. *J Knee Surg* 2019;32(3):239-44. [Crossref](#)
21. Singh A, Kotzur T, Peng L, Emukah C, Buttacavoli F, Moore C. Robot-assisted total hip arthroplasty is associated with an increased risk of periprosthetic fracture. *J Arthroplasty* 2024;39(9S2):S353-S358. [Crossref](#)